

# Perancangan Air Pressure Tank Untuk Kebutuhan Praktikum Pneumatik di Laboratorium Hidrolik dan Pneumatik

Rais Wicaksono Sugiri, Iwan Agustawan, Eka Taufiq Firmansjah

Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email : [raismia5@mhs.itenas.ac.id](mailto:raismia5@mhs.itenas.ac.id)

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

## ABSTRAK

*Air pressure Tank harus dapat memenuhi kebutuhan udara bertekanan pada pada modul HPC-03 dan modul HPC-04. Debit yang dibutuhkan untuk dapat mengoperasikan modul HPC-03 yaitu sebesar  $25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  selama 6 menit dan pada modul HPC-04 sebesar  $2,78 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  selama 7 menit. Pengisian udara bertekanan dilakukan saat praktikum tidak berjalan atau setiap 1 sesi praktikum. Air pressure tank atau bejana tekan dirancang menggunakan standar ASME VIII divisi 1. Air pressure tank bertipe vertikal dan beroperasi pada tekanan 25 barserta memiliki volume total sebesar  $48838,38 \text{ in}^3$ . Air pressure tank ini memiliki 3 buah nozzle berukuran  $\frac{1}{2} \text{ in}$  yang berfungsi sebagai nozzle inlet udara bertekanan dari kompressor, nozzle outlet sebagai komponen untuk mengeluarkan udara bertekanan kedalam sistem pneumatik pada modul HPC-03 dan modul HPC-04, dan drain nozzle untuk menguras udara bertekanan serta mengeluarkan air yang ada jika terjadi pengembunan.*

**Kata kunci:** Pressure vessel, Air pressure tank, Air receiver tank, Pneumatik, ASME VIII.

## ABSTRACT

*Air pressure tank would needs the meets compressed air to the HPC-03 and HPC- 04 modules. To operating HPC-03 Module, it needs  $25 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  discharge of compressed air for 6 minutes. HPC-04 module needs  $2,78 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  discharge of compressed air for 7 minutes. Air pressure must be filled to the air pressure tank when the practicum is not running or every 1 practicum session. Air pressure tank or pressure vessel in accordance to standard from ASME VIII division 1. Airpressure tank designed as a vertical vessel with 25 bar pressure operation andhas  $48838,38 \text{ in}^3$  of volume. This air pressure tank has 3 nozzle with  $\frac{1}{2} \text{ inch}$  in nominal size for air inlet from compressor, outlet nozzle to distributing air pressure to the HPC-03 and HPC-04 pneumatic system modules, and drain nozzle for drain unused air pressure and water due to condensation.*

**Keywords:** Pressure vessel, Air pressure tank, Air receiver tank, Pneumatics, ASME VIII.

## 1. PENDAHULUAN

*Air Pressure Tank* adalah salah satu dari beberapa jenis bejana tekan. Bejana tekan adalah tempat penampungan fluida gas ataupun cair yang memiliki tekanan yang berbeda dengan tekanan atmosfer. Bejana tekan umum digunakan pada industri yang dan biasanya memiliki dimensi yang relatif besar. Bejana tekan memiliki 2 jenis, yaitu tipe vertikal dan horizontal. Bejana tekan dengan tipe vertikal memiliki keuntungan dapat ditempatkan pada lahan yang terbatas. Namun, faktor eksternal seperti kecepatan angin dan gempa menjadi faktor yang harus diperhitungkan. Sedangkan bejana tekan dengan tipe horizontal memerlukan lahan yang lebih luas. Namun, kecepatan angin dan gempa bukan menjadi suatu masalah dikarenakan titik gravitasi pusatnya yang berada dekat dengan titik tumpunya.

Dalam merancang *Air Pressure Tank*, data penting yang dibutuhkan adalah ruang yang tersedia, tekanan yang terjadi di dalam tank, fluida yang digunakan, dan debit pengeluaran. *Air Pressure Tank* pada perencanaan ini digunakan untuk melayani kebutuh udara bertekanan pada rangkaian sistem pneumatik pada modul 03 (Sistem Pneumatik Kontrol PLC) dan modul 04 (Sistem Hidraulik dengan Input Udara Bertekanan menggunakan Air to Hydraulic Pressure Booster) laboratorium hidraulik dan pneumatik.

Bejana tekan mengandung resiko bahaya tinggi yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan atau peledakan. Oleh karena itu, perancangan air pressure tank harus mengacu pada standar pembuatan yang sudah ada. Perancangan air pressure tank ini menggunakan panduan standar dari ASME (American Society of Mechanical Engineers) bagian VIII supaya air pressure tank yang dirancang aman digunakan sesuai dengan standar yang sudah ditentukan.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Studi Literatur

Studi Literatur adalah proses untuk mempelajari hal-hal yang berkaitan dengan pressure vessel dengan cara mengumpulkan dan mempelajari buku, catatan-catatan, jurnal, maupun artikel yang berkaitan dengan penelitian khususnya standar ASME VIII.

### 2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di Laboratorium Hidraulik dan Pneumatik Institut Teknologi Nasional. Hal-hal yang dilakukan untuk mengumpulkan data, antara lain:

- Mengetahui tekanan yang dibutuhkan oleh air pressure untuk menjalankan rangkaian alat pnumatik.
- Mengetahui kebutuhan debit Air Pressure yang keluar dari dalam tank untuk melayani kebutuhan air pressure modul 3 dan modul 4.
- Mengetahui waktu pengoperasian air pressure tank selama praktikum berlangsung.

### 2.3 Menghitung Kapasitas Bejana

Kapasitas bejana dapat ditentukan dari awal proses desain dengan memperhatikan ruang yang tersedia. Kapasitas bejana dapat ditentukan diawal perhitungan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V = \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot L}{4} \quad (1)$$

### 2.4 Menghitung Tebal Shell

Tebal shell dihitung agar ketebalan yang dirancang dapat optimal dan mengurangi harga produksi. Perhitungan menurut tegangan circumferential dapat menggunakan rumus berikut:

$$t = \frac{Pd \cdot R}{SE - 0,6Pd} + CA \quad (2)$$

Tegangan longitudinal dapat menggunakan rumus berikut:

$$t = \frac{Pd \cdot R}{2 \cdot S \cdot E + 0,4 \cdot Pd} + CA \quad (3)$$

### 2.5 Menghitung Tebal Head

Tebal Head dihitung agar ketebalan yang dirancang dapat optimal. Menghitung ketebalan Ellispodal Head dapat menggunakan persamaan berikut:

$$t = \frac{Pd \cdot Di}{2 \cdot S \cdot E - 0,2 \cdot P} + CA \quad (4)$$

### 2.6 Menghitung Tebal Nozzle

Ketebalan minimal nozzle harus tetap dihitung walaupun dimensinya menggunakan standar yang sudah ada. Wall thickness required pada shell dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (5), sedangkan pada head dapat menggunakan persamaan (6).

$$t_r = \frac{Pd \cdot R_{ishell}}{S_v \cdot E - 0,6 \cdot Pd} \quad (5)$$

$$t_r = \frac{Pd \cdot K \cdot D}{2 \cdot S_v \cdot E - 0,2 \cdot Pd} \quad (6)$$

Sedangkan nozzle wall thickness required dapat ditentukan dengan persamaan (7).

$$t_{rn} = \frac{Pd \cdot R_{o \text{ nozzle}}}{S \cdot E + 0,4 \cdot Pd} \quad (7)$$

### 2.7 Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) $\geq Pd$

Jika tekanan maksimal yang diizinkan pada saat beroperasinya bejana tekan lebih besar daripada tekanan desain, maka proses selanjutnya dapat dilakukan. Tetapi, jika tekanan maksimal yang diizinkan pada saat beroperasinya bejana tekan lebih kecil daripada tekanan desain, maka terdapat kesalahan perhitungan dan perhitungan diulang dari point 2.3.

MAWP<sub>shell</sub> dan MAWP<sub>head</sub> dapat diketahui dari persamaan (7) dan (8).

$$MAWP_{shell} = \frac{S \cdot E \cdot T_{corr}}{R_{corr} + 0,6 \cdot T_{corr}} \quad (8)$$

$$MAWP_{head} = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot T_{corr}}{D_{corr} + 0,2 \cdot T_{corr}} \quad (9)$$

### 2.8 Menentukan Support

Jenis support dan ketebalannya dapat dihitung jika dimensi dan spesifikasi air pressure tank sudah diketahui karena berat vessel dan fluida sudah bisa diperkirakan. Jika menggunakan skirt, maka ketebalan support menggunakan persamaan (10).

$$t = \frac{12 \cdot M_T}{R^2 \cdot \pi \cdot S \cdot E} + \frac{W}{D \cdot \pi \cdot S \cdot E} \quad (10)$$

### 2.9 Evaluasi Pemenuhan Syarat Kebutuhan Air Pressure Tank

Jika sudah memenuhi syarat kebutuhan, maka dapat dilanjutkan kedalam pembuatan desain 2 dimensi, 3 dimensi, dan spesifikasi kerja. Jika tidak memenuhi syarat kebutuhan, maka proses perhitungan harus diulang kembali dari point 2.3 karena tidak sesuai dengan syarat kebutuhan.

### 2.10 Hasil Perancangan

Hasil dari perancangan air pressure tank yaitu berupa spesifikasi kinerja, gambar teknik desain air pressure tank, dan ketebalan pada masing-masing komponen.

## 3. ISI (HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS/PEMBAHASAN)

### 3.1 Data Perancangan

Data perancangan air pressure tank ini adalah sebagai berikut:

- a) Panjang shell silinder : 4,593 in
- b) Diameter dalam silinder : 29,06 in
- c) Tipe head : 2:1 Ellipsoidal

- d) Straight face pada head : 2 in
- e) Tekanan operasi : 362,6 psi
- f) Tekanan desain : 401,07 psi
- g) Temperatur operasi : 89,6 °F
- h) Temperatur desain : 139,6 °F

Dari data perancangan tersebut, didapatkan volume pada air pressure tank dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$V = \frac{\pi \cdot 29,06^2 \cdot 73,685}{4}$$

$$V = 48838,37921 \text{ in}^3$$

### 3.2 Ketebalan Shell

Ketebalan shell jika penyambungan dilakukan pada arah memanjang dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$t = \frac{(401,26)(14,53)}{(12893,85)(0,85) - (0,6)(401,26)} + 0,0787$$

$$t = 0,6223 \text{ in}$$

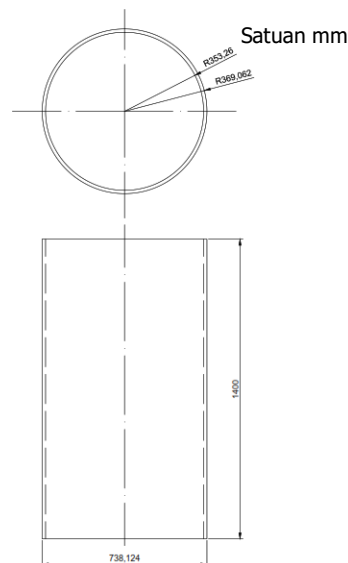
Sedangkan ketebalan shell jika pengelasan dilakukan pada arah melingkar dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

$$t = \frac{(401,26)(14,53)}{(2)(12893,85)(0,85) + (0,4)(401,26)} + 0,0787$$

$$t = 0,3426 \text{ in}$$

Maka, ketebalan shell menggunakan persamaan (2) dengan ketebalan sebesar 0,6223 in.

Desain dari shell dapat dilihat pada **Gambar 1. Desain Shell**.



**Gambar 1. Desain Shell**

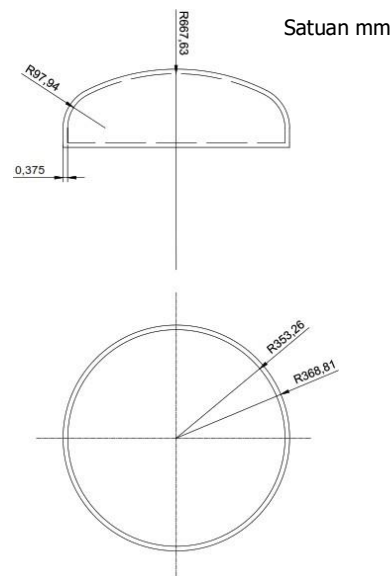
### 3.3 Ketebalan Head

Head pada air pressure tank ini menggunakan tipe ellipsoidal seperti pada **Gambar 2. Ellipsoidal head**.

Untuk menentukan ketebalannya, dapat menggunakan persamaan (4).

$$t = \frac{(401,26)(29,06)}{(2)(12893,85)(0,85) - (0,2)(401,26)} + 0,0787$$

$$t = 0,6123 \text{ in}$$



**Gambar 2. Ellipsoidal Head**

### 3.3 Maximum Allowable Working Pressure (MAWP)

Perhitungan Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) dilakukan untuk mengetahui besarnya tekanan kerja yang diizinkan pada bagian shell, Head, dan Pressure Vessel.

MAWP pada Shell dapat ditentukan dengan persamaan (8).

$$MAWP_{shell} = \frac{(12893,85)(0,85)(0,5436)}{(14,4513)+(0,6)(0,5436)}$$

$$MAWP_{shell} = 403,163 \text{ psi}$$

Sedangkan MAWP pada Head dapat ditentukan dengan persamaan (9).

$$MAWP_{head} = \frac{(2)(12893,85)(0,85)(0,5336)}{(28,90)+(0,2)(0,5336)}$$

$$MAWP_{head} = 403,226 \text{ psi}$$

MAWP Pressure vessel ditentukan dari MAWP terkecil pada komponen pressure vessel. Maka, MAWP dari pressure vessel sebesar 403,226 psi.

### 3.5 Nozzle

Jumlah nozzle yang terpasang pada air pressure tank ini berjumlah tiga buah nozzle yang mempunyai fungsi sebagai nozzle input, nozzle output, dan drain nozzle. Data teknis dari nozzle ini dapat dilihat pada **Tabel 1. Data Teknis Nozzle**.

**Tabel 1. Data Teknis Nozzle**

No	Jumlah	Ukuran Nom. (in)	Material	Fungsi
N1	1	½	A53B	Inlet
N2	1	½	A53B	Outlet
N3	1	½	A53B	Drain

Dari standar yang ada, maka didapatkan spesifikasi nozzle pada shell (N1 & N2) adalah sebagai berikut:

- a) Material nozzle : A53B
- b) Teg. izin maks (S) : 17100 psi
- c) Nominal pipe size : ½ in (sch 40)
- d) Diameter dalam (d) : 0,622 in
- e) Tebal leher nozzle (tn) : 0,109 in
- f) Tebal cincin nozzle (t) : 0,6223 in

Sedangkan spesifikasi nozzle pada head (N3) adalah sebagai berikut:

- a) Material nozzle : A53B
- b) Teg. izin maks (S) : 17100 psi
- c) Nominal pipe size : ½ in (sch 40)
- d) Diameter dalam (d) : 0,622 in
- e) Tebal leher nozzle (tn) : 0,109 in
- f) Tebal cincin nozzle (t) : 0,6123 in

Untuk mencari ketebalan minimal cincin nozzle pada shell, dapat menggunakan persamaan (5).

$$t_r = \frac{(401,07) \cdot (14,53)}{(12893,85)(0,85) - 0,6(401,07)}$$

$$t_r = 0,5436 \text{ in}$$

Sedangkan ketebalan minimal cincin nozzle pada head menggunakan persamaan (6).

$$K = \frac{1}{6} \cdot \left( 2 + \left( \frac{29,06}{2 \cdot 7,889} \right)^2 \right)$$

$$K = 0,898$$

$$t_r = \frac{401,07 \cdot 0,898 \cdot 29,06}{2 \cdot 12893,85 \cdot 0,85 - 0,2 \cdot 401,07}$$

$$t_r = 0,4792 \text{ in}$$

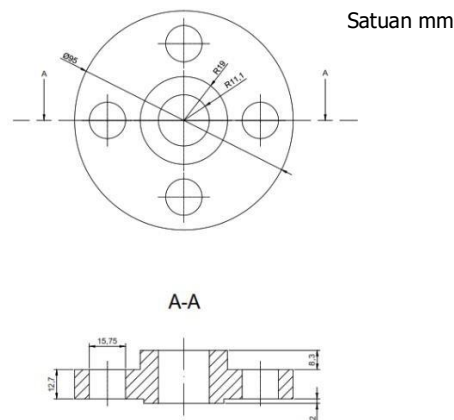
Dengan persamaan (7) maka didapatkan ketebalan minimal pada dinding nozzle.

$$t_m = \frac{(401,07) \cdot (0,420)}{(17100)(1) - 0,6(401,07)}$$

$$t_m = 0,00999 \text{ in}$$

### 3.6 Flange Nozzle Air Pressure Tank

Flange pada nozzle menggunakan ukuran ½ in dengan rating 300 lb dan mempunyai 4 buah lubang baut. Material yang digunakan yaitu SA-105 dengan tegangan izin maksimumnya yaitu 20000 psi. Dengan menggunakan standar yang ada, maka dimensi flange dapat dilihat pada **Gambar 3. Dimensi Flange.**



Gambar 3. Dimensi Flange

### 3.4 Tekanan Tes Hidrostatik

Tes hidrostatik adalah pengetesan vessel dengan menggunakan air untuk mengetahui kebocoran dan kekuatan dari air pressure tank. Tekanan pada tes hidrostatik yaitu 1.5 kali tekanan desain. Hasil dari perhitungan, didapatkan bahwa pengetesan dilakukan pada tekanan 601,605 psi. Pengetesan dilakukan pada bar cage agar menghindari kecelakaan kerja jika terjadi ledakan.

### 3.7 Beban Gempa

Beban akibat gempa perlu diketahui untuk menentukan ketebalan skirt support. Selain beban akibat gempa, juga perlu diketahui berat serta beban dari seluruh komponen yang terpasang pada air pressure tank. Berat pada masing-masing komponen dapat dilihat pada **Tabel 2. Berat Komponen.**

Tabel 2. Berat Komponen

No	Komponen	Berat (lb)
1	Shell	1454,65
2	Head	198,14
3	Nozzle	0,8856
4	Flange	4,5
5	Fluida Tes Hidrostatik	1667,68
6	Air Pressure Tank	3525,40

Penentuan periode getaran akibat beban didapatkan dari rumus berikut:

$$T = 0,0000265 \cdot \left(\frac{H}{D_o}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{w \cdot D_o}{t}} \quad (11)$$

$$T = 0,0000265 \cdot \left(\frac{7,63}{2,5254}\right)^2 \cdot \sqrt{\frac{462,046 \cdot 2,5254}{0,6223}}$$

$$T = 0,01047 \text{ detik}$$

Total Seismic Shear (V) dapat diketahui dengan menggunakan rumus berikut:

$$V = \frac{Z \cdot I \cdot C}{R_w} \cdot W \quad (12)$$

$$V = \frac{0,375 \cdot 1 \cdot 0,92}{1,5} \cdot 3525,4088$$

$$V = 810,844 \text{ lb}$$

Momen maksimum pada *air pressure tank* dapat diketahui dengan rumus:

$$M = F_t \cdot H + (V - F_t) \cdot \frac{2 \cdot H}{3} \quad (13)$$

$$M = (0 \cdot 7,63) + (810,844 - 0) \cdot \frac{2 \cdot 7,63}{3}$$

$$M = 4124,49 \text{ lb.ft}$$

Momen maksimum pada sambungan skirt dan head bawah dapat diketahui dengan rumus berikut:

$$M_T = M \left( \frac{x}{H} \right) \quad (14)$$

$$M_T = 4124,49 \left( \frac{5,558}{7,63} \right)$$

$$M_T = 3004,445 \text{ lb.ft}$$

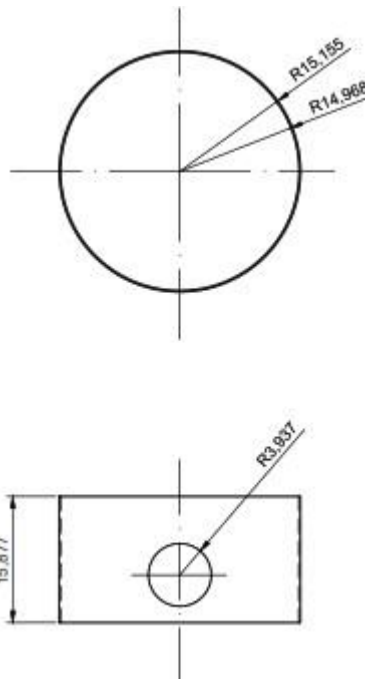
### 3.8 Tebal Skirt Support

Tebal support dengan tipe skirt dapat dihitung menggunakan persamaan (10).

$$t = \frac{12 \cdot 3004,445}{15,151^2 \cdot \pi \cdot 12893,85 \cdot 0,6} + \frac{3525,4088}{30,3025 \cdot \pi \cdot 12893,85 \cdot 0,6}$$

$$t = 0,0112 \text{ in}$$

untuk mengakses drain nozzle, maka skirt dilubangi seperti pada **Gambar 4. Desain Skirt Support** dengan satuan milimeter.

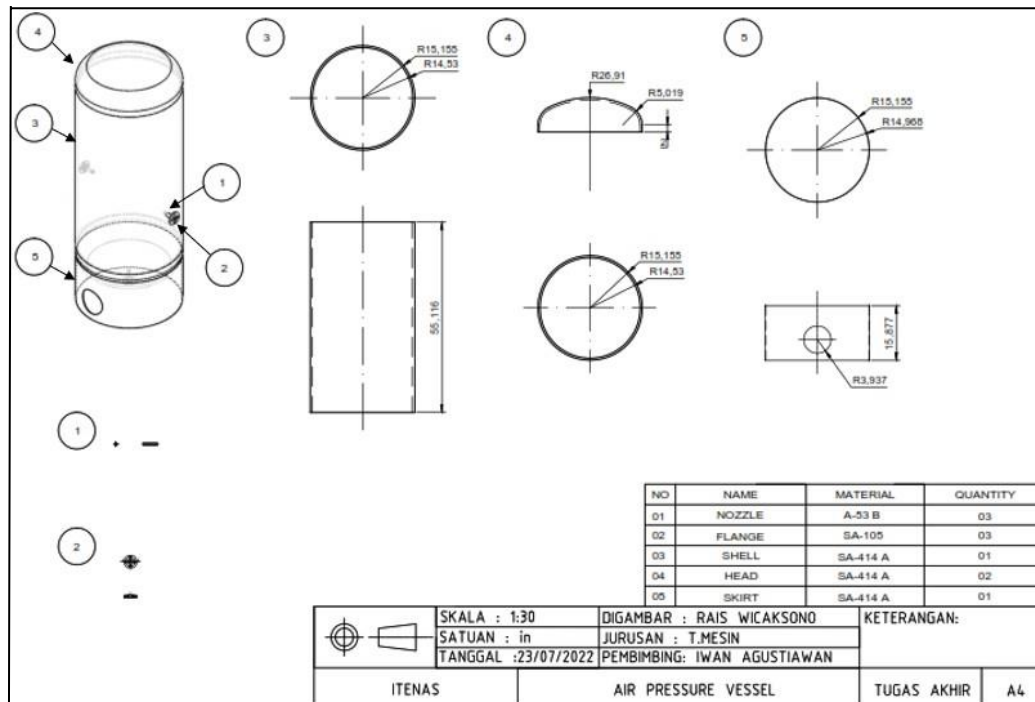


**Gambar 4. Desain Skirt Support**

### 3.9 Gambar Teknik Hasil Perancangan Air Pressure Tank

Desain akhir dari perancangan Air Pressure Tank dapat dilihat pada **Gambar 5. Gambar Teknik Hasil Perancangan Air Pressure Tank**. Terdapat 3 buah nozzle sebagai input udara bertekanan, output udara bertekanan, dan drain nozzle. Tinggi total air pressure vessel adalah 7,63 ft dengan diameter terluar sebesar 29,68 in.





Gambar 5. Gambar Teknik Hasil Perancangan Air Pressure Tank

### 3.10 Analisis / Pembahasan

Kemampuan atau kinerja dari air pressure tank yang dirancang memiliki tekanan operasi sebesar 362,59 psi dan volume 48838,37921 in<sup>3</sup>. Air pressure tank ini mampu melayani kebutuhan dari sistem pneumatik pada modul HPC-03 dengan tekanan operasi sebesar 3 bar selama 6 menit serta pada modul HPC-04 dengan tekanan operasi sebesar 6 bar dengan waktu pengoperasian selama 7 menit. Air pressure tank yang dirancang harus dapat memenuhi syarat kebutuhan kedua modul tersebut dengan spesifikasi yang sudah dirancang.

Momen maksimum terjadi pada sambungan antara head bagian bawah dan skirt yaitu sebesar 3004,445 lb.ft. Maka dari itu, pengelasan pada area tersebut harus lebih diperhatikan dan disarankan menggunakan pengelasan hasil pengelasan secara non-destructive test (NDT) dengan cara radiografi secara menyeluruh.

## 4. KESIMPULAN

Air pressure tank yang telah dirancang bertipe vertikal dengan diameter terluar sebesar 29,68 in dengan tinggi 7,63 ft. Ketebalan minimal pada shell sebesar 0,6223 in. Head menggunakan tipe elipsoidal dengan ketebalan minimalnya sebesar 0,6123 in. Air pressure tank yang dirancang memiliki 3 buah pipa nozzle berukuran 1/2 in dengan schedule 40. Panjang pipa pada setiap nozzlenya yaitu 1,522 in dengan diameter dalam pipa sebesar 0,622 in. Flange menggunakan tipe slip-on flange berukuran 1/2 in dengan diameter bagian dalam sebesar 0,8740 in dan memiliki 4 buah lubang baut. Support menggunakan tipe skirt dengan diameter luar sebesar 30,3025 in. Tinggi skirt adalah 17,32 in dengan ketebalan minimal 0,0112 in. Skirt ini memiliki 1 buah lubang berdiameter 7,87 in sebagai lubang akses drain nozzle. Pada sambungan antara head bagian bawah dan skirt, efisiensi pengelasannya adalah 1 (tidak ada toleransi adanya cacat pengelasan).

Kinerja dari air pressure tank yang didesain cukup untuk melayani kebutuhan udara bertekanan di modul HPC-03 (Sistem Pneumatik Kontrol PLC) dan HPC-04 (Sistem Hidraulik dengan Input Udara Bertekanan menggunakan Air to Hydraulic Pressure Booster) di Laboratorium Hidrolik dan Pneumatik Institut Teknologi Nasional Bandung.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis sangat berterima kasih kepada seluruh asisten Laboratorium Hidrolik dan Pneumatik Institut Teknologi Nasional Bandung yang telah memberikan izin untuk mengakses alat pengujian serta meluangkan waktunya untuk membantu dalam pengambilan data sehingga jurnal ini dapat terselesaikan dan dipublikasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aziz A., Hamid A., Hidayat A. (2014). Perancangan Bejana Tekan (Pressure Vessel) Untuk Separasi 3 Fasa . *Jurnal SINERGI vol. 18, No. 1, 1410-2331.*
- Buthod P., Eugene F. (2008). *Pressure Vessel Handbook Fourteenth Edition.* Oklahoma: Pressure Vessel Publishing, INC.
- Cahyono E. (2004). Perancangan Bejana tekan vertikal berisi udara untuk peralatan pneumatik kapasitas  $8,25 \text{ m}^2$  Dengan tekanan kerja  $5,7 \text{ kg/cm}^3$ . Tugas Akhir. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik. Surakarta: *Universitas Sebelas Maret.*
- David A., James C. (2014). ASME Section VIII – Division 2 Criteria and Commentary. New York: *The American Society of Mechanical Engineers.*
- Hikmat M. (2007). Perancangan Bejana Tekan Horisontal. Tugas Akhir. Program Strata Satu *Jurusan Teknik Mesin. Jakarta: Universitas Mercu Buana.*
- Jasmin M., Miftachul M., Nur E. (2014). Perancangan dan Analisis Vertical Pressure Vessel Tipe Gas Separator untuk Penambahan kapasitas Gas Plant. *Jurnal Proceeding 3<sup>rd</sup> Conference of Piping Engineering and its Application.* Program Studi D4 Teknik Perpipaan. Surabaya: *Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.*
- The American Society of Mechanical Engineers. (2017). Section VIII ASME Boiler and Pressure Vessel Code An International Code – Division 1. New York: *The American Society of Mechanical Engineers.*